



05-27-05

SPW

Express Mail No. EV 346 793 256 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Bruno GHYSELEN et al..

Confirmation No. 8599

Application No.: 10/728,341

Group Art Unit: 2812

Filing Date: December 3, 2003

Examiner:

For: METHOD FOR MANUFACTURING A
MULTILAYER SEMICONDUCTOR STRUCTURE
THAT INCLUDES AN IRREGULAR LAYER

Atty. Docket No.: 4717-12800

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicants have claimed priority of French application no. FR 0308460 filed July 10, 2003, under 35 U.S.C. § 119. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to Winston & Strawn LLP Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

Date: 5/25/05


Allan A. Fanucci (Reg. No. 30,256)

WINSTON & STRAWN LLP
CUSTOMER NO. 28765
(212) 294-3311

Enclosures

NY:953380.1

REST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 OCT. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

☎ N° Indigo 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/mn

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réserve à l'INPI

1er dépôt

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 030103

REMISE DES PIÈCES

DATE

10 JUIL 2003

LIEU

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0308460

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

10 JUIL. 2003

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier

(facultatif) 240017 D20577 JC

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet REGIMBEAU
20, rue de Chazelles
75847 PARIS CEDEX 17
FRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

TRANSFERT DE COUCHE RUGUEUSE

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale

☐ Personne physique

Nom

ou dénomination sociale

S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES

Prénoms

Forme juridique

SOCIETE ANONYME

N° SIREN

384711909

Code APE-NAF

Domicile

Rue

Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190
BERNIN

ou

siège

Code postal et ville

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☐ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2^{ème} page

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2



| | |
|------------------------------|----------------------|
| REMISE DES PIÈCES | |
| DATE | 10 JUIL 2003 |
| LIEU | 75 INPI PARIS |
| N° D'ENREGISTREMENT | 0308460 |
| NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI | |

DB 540 W / 030103

| | | |
|---|----------------------|---|
| 6 MANDATAIRE (s'il y a lieu) | | 240017-JC |
| Nom | | |
| Prénom | | |
| Cabinet ou Société | | Cabinet REGIMBEAU |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | | |
| Adresse | Rue | 20, rue de Chazelles |
| | Code postal et ville | 75847 PARIS CEDEX 17 |
| | Pays | |
| N° de téléphone (facultatif) | | 01 44 29 35 00 |
| N° de télécopie (facultatif) | | 01 44 29 35 99 |
| Adresse électronique (facultatif) | | info@regimbeau.fr |
| 7 INVENTEUR (S) | | Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques |
| Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes | | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s) |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) |
| Établissement immédiat ou établissement différé | | <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé |
| Paiement échelonné de la redevance (en deux versements) | | Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [] [] [] [] [] |
| 10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS | | <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences |
| Le support électronique de données est joint | | <input type="checkbox"/> |
| La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe | | <input type="checkbox"/> |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | |
| 11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) 921169 | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. MARTIN |

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une tranche multicouche semiconductrice comprenant une couche de matériau irrégulier, ledit procédé comprenant :

- Une étape de constitution d'une couche de matériau irrégulier sur un substrat,
- Une étape de création d'une zone de fragilisation dans un substrat donneur,
- Une étape de collage du substrat donneur fragilisé sur un substrat receveur,
- Une étape de détachement au niveau de ladite zone de fragilisation.

Et l'invention concerne également une tranche pouvant être obtenue par un tel procédé.

On précise que les termes des « donneur » et de « receveur » correspondent ainsi respectivement à la « couche active » et au « support » de la tranche, également parfois appelés respectivement « top » et « base ».

On précise également qu'on entend par « couche de matériau irrégulier » une couche présentant au moins une surface qui n'est pas régulière (selon cette définition une couche de silicium monocristallin est typiquement une couche régulière).

Une couche de matériau irrégulier est ainsi dans ce texte comprise comme une couche dont au moins une surface libre présente une rugosité et une planéité supérieure à une valeur de l'ordre de quelques angströms en rms (correspondant à l'acronyme anglo-saxon de root mean square).

Par opposition, dans le présent texte une couche sera dite régulière si la rugosité de ses surfaces libres est inférieure à cette valeur.

Une telle couche de matériau irrégulier peut être par exemple en diamant CVD, en Si₃N₄, en AlN, ou encore en un matériau polycristallin tel que notamment du silicium polycristallin, ...

De tels matériaux rugueux peuvent par exemple être mis en œuvre dans une structure de type SOI (Silicon On Insulator, pour silicium sur isolant), pour améliorer les propriétés de conductivité thermique d'une telle tranche.

- 5 Il peut ainsi être désiré de constituer la couche d'isolant d'une telle tranche non pas en SiO₂ (dont les propriétés de conductivité thermique ne sont pas bonnes), mais par un ou plusieurs matériaux qui possèdent une haute conductivité thermique, comme le diamant ou le Si₃N₄.

- 10 Des couches de tels matériaux sont généralement obtenues par épitaxie. Mais la surface de telles couches épitaxiées est rugueuse.

A titre d'illustration, le tableau ci-dessous présente les coefficients de conductivité thermique pour différents matériaux.

| Matériau | Conductivité thermique W/m/K |
|--|------------------------------|
| Oxyde enterré de la structure SIMOX | 1,6 |
| CVD diamant | 2×10^3 |
| AlN | >250 |
| Si ₃ N ₄ | >150 |
| Si | 168 |

- 15 On précise encore qu'on entend par « collage » une mise en contact intime de deux surfaces, de sorte que des liaisons (par exemple de type forces de Van der Waals, ou liaisons hydrogène) s'établissent entre ces deux surfaces (référence : « Semiconductor Wafer Bonding, Science and Technology » Wiley, 1999, Q.-Y Tong et U. Gösele).

- 20 On connaît déjà des procédés tels que mentionnés ci-dessus.

On connaît en particulier du document WO 01/97282 un procédé dans lequel la zone de fragilisation est réalisée par une implantation.

Ce type de procédé permet de constituer des tranches multicouches comportant une couche de matériau irrégulier.

Et la mise en œuvre d'un détachement au niveau d'une zone de fragilisation permet de recycler le reliquat du substrat donneur qui subsiste après détachement.

En outre, ce type de procédé permet d'obtenir une tranche dont la surface est homogène (notamment en termes d'épaisseur), suite au
5 détachement au niveau de la zone de fragilisation.

Ce type de procédé présente ainsi un certain nombre d'avantages.

Par ailleurs, ce type de procédé permet d'obtenir une tranche dont la couche de matériau irrégulier (par exemple en diamant) présente une face
10 irrégulière tournée vers la couche utile de la tranche.

On précise que la couche utile de la tranche est une couche superficielle (ou située au voisinage immédiat de la surface de la tranche), dans laquelle des composants vont être créés.

Or il serait intéressant d'obtenir des tranches multicouches dans
15 lesquelles la couche de matériau irrégulier présente au contraire une face régulière tournée vers la couche utile de la tranche.

Reprenant l'exemple des tranches de type SOI dans lesquelles la couche d'isolant est réalisée à partir d'un ou plusieurs matériaux irréguliers, ceci permettrait en effet de constituer entre la couche utile et la couche
20 d'isolant une interface la plus régulière possible, ce qui améliorerait en particulier les caractéristiques électriques de la tranche.

Un but de l'invention est de permettre de répondre à cet objectif.

Un autre but de l'invention est d'éviter en outre des pertes de matière significatives, lors de la mise en œuvre du procédé.

25 A cet égard, l'invention vise en particulier à permettre de recycler les reliquats de substrats mis en œuvre.

Un autre but de l'invention est de permettre de réaliser des tranches multicouche dont la couche utile est homogène, notamment en épaisseur.

Afin d'atteindre ces buts, l'invention propose un procédé de
30 fabrication d'une tranche multicouche semiconductrice comprenant une couche de matériau irrégulier, ledit procédé comprenant :

- Une étape de constitution d'une couche de matériau irrégulier sur un substrat,
- Une étape de création d'une zone de fragilisation dans un substrat donneur,
- 5 • Une étape de collage du substrat donneur fragilisé sur un substrat receveur,
- Une étape de détachement au niveau de ladite zone de fragilisation, caractérisé :
 - en ce que la couche de matériau irrégulier est constituée sur le substrat
 - 10 donneur,
 - et le procédé comprend, avant l'étape de collage, une étape de planarisation d'une surface irrégulière de la couche de matériau irrégulier mettant en oeuvre un recouvrement de la surface irrégulière de ladite couche de matériau irrégulier par un matériau intermédiaire
 - 15 destiné à être interposé entre le substrat donneur et le substrat receveur.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description de l'invention, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 20 • la figure 1 est une représentation générale du procédé selon l'invention, faisant apparaître plus particulièrement trois modes principaux de mise en oeuvre de l'invention (modes I, II et III), ce procédé pouvant comprendre dans ces différentes variantes des étapes A à F,
- les figures 2 à 9 illustrent certaines étapes de ces trois modes
- 25 principaux de mise en oeuvre de l'invention. Plus précisément :
 - la figure 2 correspond à l'étape A des modes I et II,
 - la figure 3 correspond à l'étape B du mode I,
 - la figure 4 correspond à l'étape C du mode I,
 - la figure 5 correspond aux étapes C et B du mode II (ces étapes se
 - 30 déroulant dans cet ordre dans ce mode),
 - la figure 6 correspond aux étapes D à F des modes I et II,

- la figure 7 correspond aux étapes B, A et C du mode III (ces étapes se déroulant dans cet ordre dans ce mode),
- la figure 8 correspond à l'étape E du mode III,
- la figure 9 correspond à l'étape F du mode III.

5 En référence à la figure 1, on a représenté schématiquement des étapes principales pouvant être mises en œuvre dans le procédé selon l'invention.

On précise en préalable à la description qui suit que l'invention peut être mise en œuvre pour réaliser une tranche multicouche comportant une
10 couche utile qui peut en particulier (mais de manière non limitative) être réalisée en un des matériaux suivants : Si, SiGe, Ge, SiC, GaN, GaAs, III-V.

Dans la description, cette tranche peut en particulier être de type SOI.

15 Et comme on le verra, il est possible pour optimiser les caractéristiques électriques de l'interface avec la couche utile d'intercaler entre ladite couche utile et la couche de matériau irrégulier une fine couche de matériau électriquement isolant.

Ce matériau peut par exemple être du SiO₂ ou du Si₃N₄.

20 Et une telle couche de matériau électriquement isolant que l'on intercale peut avoir une épaisseur de l'ordre de 50 Å.

La figure 1 fait apparaître trois modes principaux de mise en œuvre qui peuvent comporter globalement les mêmes étapes, dans un ordre différent.

25 De manière générale, les étapes représentées sur cette figure sont les suivantes :

- étape A : constitution d'une couche de matériau irrégulier sur ce même substrat donneur,
- étape B : création d'une zone de fragilisation dans un substrat donneur,
- 30 • étape C : planarisation d'une surface irrégulière de ladite couche de matériau irrégulier,

- étape D : retournement du substrat donneur et collage sur un substrat receveur,
- étape E : détachement du substrat donneur au niveau de la zone de fragilisation,
- 5 • étape F : amincissement et/ou finition, à partir de la surface libre constituée suite au détachement de l'étape E. On précise que l'invention peut être mise en œuvre sans cette étape F.

On va maintenant décrire les trois modes principaux de mise en œuvre de l'invention.

10

- **Mode I**

Dans ce premier mode principal de mise en œuvre de l'invention, on procède à l'enchaînement suivant d'étapes : A, B, C, D, E, F.

15 On constitue donc dans un premier temps une couche de matériau irrégulier 12 sur un substrat donneur 10.

Le substrat 10 est réalisé en un matériau semiconducteur tel que le silicium. Il peut en particulier s'agir de silicium monocristallin.

20 Le substrat 10 correspond à un substrat donneur dont on veut transférer une partie sur un autre substrat, dit substrat receveur.

La couche irrégulière 12 peut être réalisée dans un matériau polycristallin tel que le silicium polycristallin, ou encore le diamant, du nitrure de silicium ou du carbure de silicium. Ceci est applicable à tous les

25 modes de réalisation de l'invention.

Un tel matériau est typiquement un matériau présentant une dureté importante (cas du diamant par exemple), ou délicat à polir uniformément car hétérogène (exemple du Si polycristallin), et de ce fait difficile à polir – ou de manière générale à aplanir.

30 Il peut en particulier s'agir d'un matériau dont le prix de revient est élevé, et pour lequel on souhaite minimiser tant que possible les pertes de matière.

La couche 12 peut avoir été obtenue par dépôt sur la surface plane du substrat 10.

Un tel dépôt peut par exemple avoir été réalisé par une technique du type CVD (acronyme de l'appellation anglo-saxonne répandue Chemical Vapor Deposition pour dépôt chimique sous vide).

On remarquera que de la sorte la couche 12 est une couche certes irrégulière, mais qui présente une face 121 plane à l'interface avec le substrat 10.

La face du substrat qui reçoit le dépôt de matériau irrégulier est en effet elle-même plane.

L'autre face 120 de la couche 12 - qui est opposée au substrat 10 - présente quant à elle des irrégularités. Un collage de cette face avec un autre substrat n'est ainsi pas envisageable en l'état.

Cette étape de constitution d'une couche 12 de matériau irrégulier sur le substrat donneur 10 correspond à l'étape A.

On précise que dans ce mode de mise en œuvre de l'invention, comme dans les autres modes, il est possible au début de cette étape A d'associer une fine couche électriquement isolante à la surface du substrat donneur 10, préalablement au dépôt de la couche 12.

Dans ce cas, la couche électriquement isolante se trouvera intercalée entre le substrat 10 et la couche de matériau irrégulier 12.

La couche isolante peut être associée à la surface du substrat 10 par dépôt, ou par toute technique connue.

Cette couche isolante peut comme déjà mentionné être par exemple en SiO_2 ou en Si_3N_4 ; elle peut avoir une épaisseur de l'ordre de 50 Å.

La fonction de cette couche est d'optimiser les caractéristiques électriques de l'interface entre la couche 12 de matériau irrégulier, et ce qui correspondra à la couche utile de la tranche finale.

En référence maintenant à la figure 3, on a représenté une étape de création d'une zone de fragilisation 13 dans le substrat donneur 10.

Dans ce mode principal de réalisation de l'invention, la zone de fragilisation 13 est ainsi créée par une implantation, réalisée au travers de la couche de matériau irrégulier 12.

Cette implantation peut par exemple être réalisée avec de
5 l'hydrogène et/ou de l'hélium.

L'implantation est symbolisée par les flèches de la figure 3.

Cette étape correspond ainsi à l'étape B.

La figure 4 représente le résultat de l'étape C suivante de planarisation.

10 Dans ce mode principal de mise en œuvre de l'invention comme dans les autres modes, cette étape de planarisation est de préférence réalisée en effectuant les étapes suivantes :

- Dépôt d'un matériau intermédiaire sur la surface irrégulière de la couche 12 de matériau irrégulier, de manière à recouvrir totalement
15 cette surface irrégulière d'une épaisseur donnée de matériau intermédiaire, puis éventuellement
- Traitement de surface du dépôt de matériau intermédiaire.

Ce traitement de surface peut en particulier être un polissage.

Il est également envisageable (ici encore dans tous les modes
20 principaux de mise en œuvre de l'invention) de ne procéder pour cette étape C qu'à un dépôt de matériau intermédiaire en recouvrement de la couche 12 de matériau irrégulier, dans le cas où un tel dépôt permet d'aboutir directement à une surface de la couche de matériau intermédiaire dont l'état (planéité et rugosité) autorise un collage sans traitement de
25 surface additionnel.

Le matériau intermédiaire peut être un matériau amorphe.

Il peut par exemple s'agir de silicium amorphe, mais également de tout autre matériau amorphe (par exemple, un siliciure, tel que du siliciure de titane TiSi_2 , ou du siliciure de palladium, Pd_2Si).

30 On a ainsi constitué une couche 14 de matériau intermédiaire dont l'état de surface autorise un collage avec un autre substrat.

On précise que la couche 14 peut être déposée par une technique de type CVD.

On a constitué à ce stade une structure intermédiaire 100, qui comporte :

- 5 • Le substrat donneur 10 dans lequel on a créé une zone de fragilisation 13,
- La couche 12 de matériau irrégulier, dont la face tournée vers le substrat donneur est régulière,
- 10 • La couche 14 de matériau intermédiaire, qui recouvre totalement la couche 12, et dont la surface plane 140 autorise un collage.

La figure 6 correspond aux étapes D, E et F de ce mode principal de mise en œuvre de l'invention.

L'étape D correspond au retournement de la structure intermédiaire 100, et à son collage sur un substrat receveur 20.

- 15 A cet effet, c'est la surface plane 140 de la couche 14 qui est en contact avec la surface également plane du substrat receveur 20.

Préalablement à ce collage, la surface 140 a pu subir un léger traitement de surface.

- 20 On notera cependant qu'un tel traitement est sans commune mesure avec le traitement lourd qui aurait été nécessaire pour permettre le collage de la couche 12 sur le substrat receveur 20, sans intercaler de couche de matériau intermédiaire.

Le substrat receveur 20 est typiquement réalisé en silicium, par exemple en silicium monocristallin.

- 25 L'étape suivante E consiste à réaliser le détachement du substrat donneur 10 au niveau de la zone de fragilisation 13.

A cet effet, on fait subir comme cela est connu une action thermique et/ou mécanique à la zone de fragilisation 13.

- 30 L'étape de fragilisation ayant été réalisée par implantation, on peut effectuer cette étape de détachement en reproduisant les enseignements d'un procédé de type SMARTCUT®.

On précise qu'on trouvera une description générale de ce type de procédé dans l'ouvrage « Silicon-On-Insulator Technology : Materials to VLSI, 2nd Edition » de Jean-Pierre Colinge, Kluwer Academic Publishers, p.50 et 51.

5 On peut ensuite procéder à une étape de stabilisation de l'interface de collage, en appliquant un traitement thermique. Une telle stabilisation peut être appliquée après le détachement (étape E), et avant une éventuelle étape F, dans tous les modes de réalisation de l'invention.

L'étape F correspond à un traitement de la surface de la partie du
10 substrat donneur 10 qui est demeuré solidaire de la couche 12.

Ces traitements de surface peuvent comprendre un amincissement supplémentaire de cette couche, et/ou une planarisation (par exemple un polissage mécano-chimique de type CMP).

On aboutit ainsi à la structure finale représentée sur la figure 6.

15 Cette structure est une tranche multicouche comportant une couche de matériau irrégulier.

On remarquera que la face de cette couche de matériau irrégulier qui est tournée vers la couche utile 11 est parfaitement plane, ce qui est avantageux.

20 On remarquera également qu'on a fabriqué cette tranche multicouche sans les pertes de matière qui sont habituellement associées aux procédés mettant en œuvre des amincissements de substrats par gravure ou par érodage.

On remarquera enfin qu'on a réalisé cette tranche multicouche sans
25 être exposé aux difficultés de planarisation, par une méthode telle que le polissage, d'une surface irrégulière de la couche 12 .

Enfin, du fait que cette tranche multicouche ait été réalisée sans avoir à polir la couche 12, non seulement on a évité une opération longue et fastidieuse, mais on a évité les pertes de matériau de la couche 12 (de
30 telles pertes pouvant être pénalisantes dans le cas d'une couche 12 réalisée en un matériau onéreux).

- **Mode II**

On procède dans ce mode à l'enchaînement suivant d'étapes : A, C, B, D, E et F.

5 L'étape A est équivalente à ce qui a été écrit en référence en mode A. On pourra à cet égard se référer à nouveau à la figure 2.

L'étape suivante C correspond à une planarisation de la surface irrégulière 120 de la couche 12, qui a été déposée sur le substrat donneur 10.

10 Cette planarisation peut elle aussi être réalisée dans les mêmes conditions que décrites précédemment à propos du mode I. On pourra donc se référer à la figure 4 (la seule différence étant que dans le cas présent on n'a pas encore constitué de zone de fragilisation 13).

On procède ensuite à l'étape B de création d'une zone de fragilisation 13 dans l'épaisseur du substrat 10.

Ici encore, cette étape est réalisée par implantation.

L'implantation est réalisée dans ce cas au travers de la couche 14 d'un matériau intermédiaire, de la couche 12 d'un matériau irrégulier et d'une épaisseur désirée du substrat 10.

20 On précise en effet que dans tous les modes de mise en œuvre de l'invention, les caractéristiques de l'implantation sont définies de manière à maîtriser la profondeur moyenne de la zone de fragilisation 13 dans l'épaisseur du substrat donneur 10.

On remarquera en référence à la figure 5, qui représente le résultat des étapes C et B pour le mode II, que la zone de fragilisation 13 présente un profil plus régulier que dans le cas du mode I.

Ceci est dû au fait qu'on a recouvert la surface irrégulière de la couche 12 par la couche 14, qui présente une face plane.

30 Dans ces conditions, les irrégularités de la zone de fragilisation 13 sont fortement atténuées, cette zone présentant un profil se rapprochant d'un plan malgré les irrégularités de la couche 12.

Le mode II constitue à cet égard un mode particulièrement avantageux de mise en œuvre de l'invention.

Les étapes suivantes D, E et F sont équivalentes à ce qui a été décrit ci-dessus à propos du mode I et on pourra à cet égard ici encore se référer
5 à la figure 6.

On notera simplement que dans le présent mode de mise en œuvre (mode II), les éventuelles opérations de planarisation et de finition de la surface de la couche utile 11 sont diminuées par rapport à ce qui peut être requis pour le mode I.

10 Ceci découle du fait que la zone de fragilisation 13 est dans le cas du mode II plus régulière.

- **Mode III**

15 Dans ce mode principal de réalisation de l'invention, on procède à l'enchaînement suivant d'étapes : B, A, C, D, E et F.

L'étape B correspond à la constitution d'une zone de fragilisation dans l'épaisseur du substrat donneur 10.

Cette surface de fragilisation peut comme dans les autres modes
20 principaux de réalisation de l'invention être effectuée par implantation dans l'épaisseur du substrat donneur.

On précise qu'il est possible dans ce mode principal de réalisation de l'invention de réaliser comme dans les modes I et II l'implantation de manière à ce que le détachement puisse être ensuite réalisé par un simple
25 recuit thermique.

Il est également possible de « sous-doser » l'implantation, comme on va le voir.

Dans tous les cas, on obtient dans ce mode une zone de fragilisation 13 plane, car l'implantation ne se fait pas au travers d'une couche de
30 matériau irrégulier.

Il est également possible de réaliser cette zone de fragilisation par d'autres méthodes, en particulier en constituant un substrat donneur 10 « démontable » au niveau d'une zone 13.

Un tel substrat démontable, dans lequel on peut effectuer un
5 détachement par une action mécanique au niveau de la zone de fragilisation 13, peut par exemple être réalisé par une des techniques suivantes :

- Création d'une région poreuse dans l'épaisseur du substrat 10. A cet effet, on peut constituer une fine couche de silicium poreux sur un
10 substrat de silicium monocristallin, et recouvrir ensuite cette couche de silicium poreux par une autre couche de silicium monocristallin (obtenue par exemple par épitaxie). On pourra à cet égard se référer au document EP A 0 849 788 (procédé de type ELTRAN®),
- Fabrication d'un substrat donneur 10 par collage de deux substrats, en
15 définissant les conditions de collage pour que l'énergie de collage demeure limitée et que le collage soit de ce fait réversible sous l'effet d'une action mécanique. On précise que ce collage peut par exemple mettre en contact deux couches d'oxyde,
- Création d'une zone implantée 13, avec une dose d'implantation
20 inférieure à ce qui serait requis pour créer une zone apte à provoquer un détachement sous l'effet de la seule exposition à un budget thermique élevé. Une telle implantation « sous-dosée » par rapport à ce qui est requis par exemple dans une implantation d'un procédé de type SMARTCUT® permet de constituer une zone de fragilisation 13 qui
25 ne donnera lieu à détachement qu'après application d'une contrainte mécanique (cette contrainte mécanique étant elle-même appliquée après l'exposition de la zone 13 à un budget thermique pour permettre la coalescence de cette zone).

On a dans tous les cas de figure réalisé une zone de fragilisation 13
30 dans l'épaisseur du substrat 10, ce qui correspond à l'étape B.

On procède ensuite au dépôt de la couche 12 de matériau irrégulier sur le substrat 10 comportant sa zone de fragilisation 13.

Ceci correspond à l'étape A. Ici encore, le dépôt peut être effectué dans les mêmes conditions que décrit précédemment.

On effectue ensuite une planarisation de la surface irrégulière de la couche 12, de préférence par recouvrement d'une couche 14 comme décrit
5 ci-dessus.

Le résultat des étapes B, A et C est représenté pour ce troisième mode principal de mise en œuvre de l'invention sur la figure 7.

Ici encore, on a constitué une structure intermédiaire 100, qui comporte une zone de fragilisation et une couche de matériau irrégulier sur
10 un substrat donneur, et qui est apte à être retournée pour être collée avec un substrat receveur 20.

Un tel retournement et collage correspond à l'étape suivante D.

On procède ensuite au détachement du substrat donneur 10, au niveau de la zone de fragilisation 13 (étape E).

15 Dans le cas où on a constitué la zone de fragilisation 13 uniquement par implantation, et avec une dose suffisante, ce détachement peut être obtenu par simple exposition de la structure à un budget thermique suffisant (à l'instar du détachement pratiqué dans les modes I et II) .

Si on a constitué un substrat démontable, une action mécanique
20 sera nécessaire dans la plupart des cas pour réaliser le détachement.

La structure résultante est représentée sur la figure 8.

Enfin, on peut ici encore procéder à un amincissement de la tranche obtenue, et/ou à un traitement de sa surface.

La tranche finale obtenue est représentée sur la figure 9.

REVENDEICATIONS

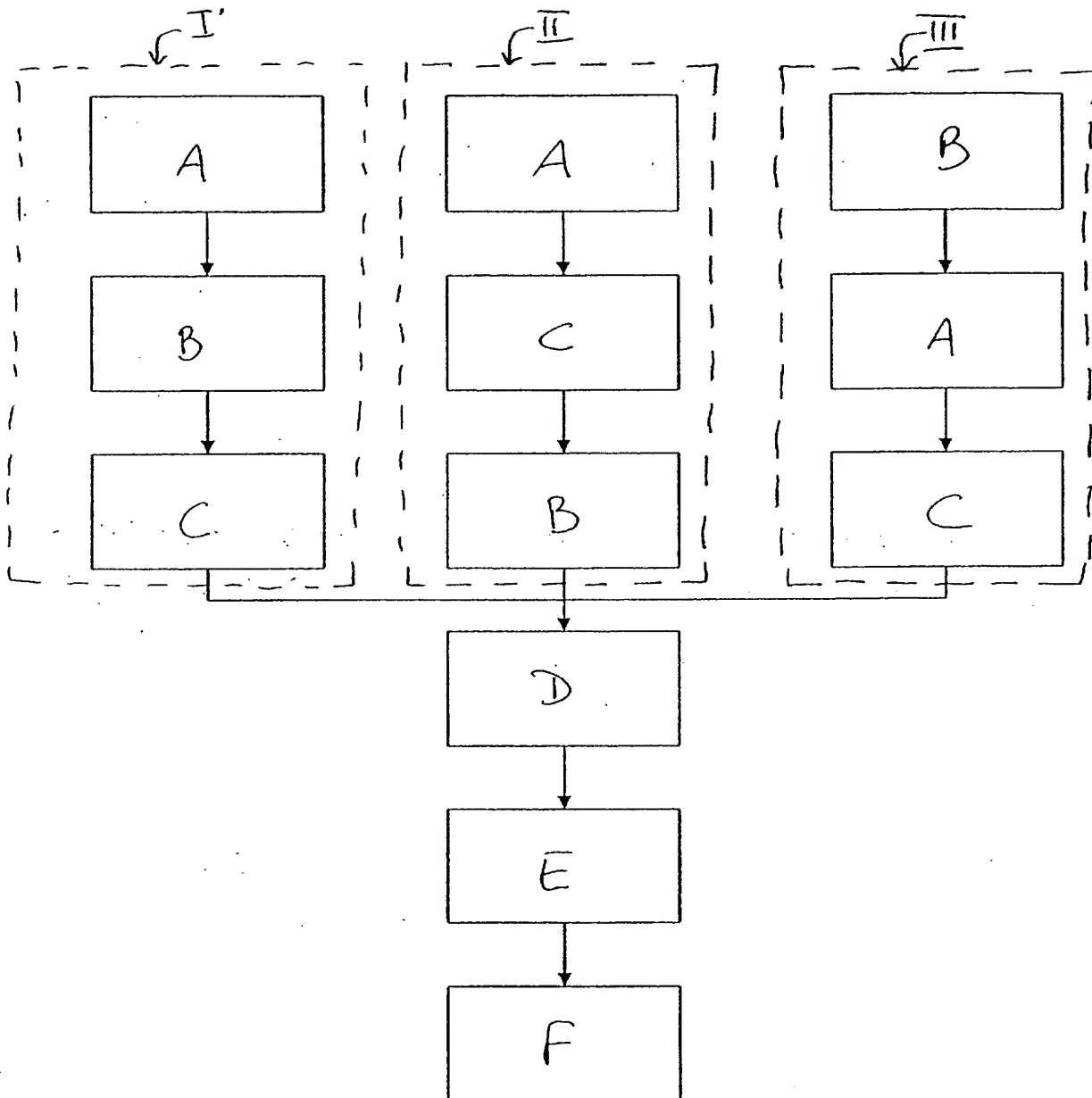
1. Procédé de fabrication d'une tranche multicouche semiconductrice
comprenant une couche de matériau irrégulier, ledit procédé
comprenant :
- Une étape (A) de constitution d'une couche de matériau irrégulier sur un substrat,
 - Une étape (B) de création d'une zone de fragilisation (13) dans un substrat donneur (10),
 - Une étape (D) de collage du substrat donneur fragilisé sur un substrat receveur (20),
 - Une étape (E) de détachement au niveau de ladite zone de fragilisation,
- caractérisé :
- en ce que la couche de matériau irrégulier est constituée sur le substrat donneur,
 - et le procédé comprend, avant l'étape de collage, une étape (C) de planarisation d'une surface irrégulière de la couche de matériau irrégulier mettant en oeuvre un recouvrement de la surface irrégulière de ladite couche de matériau irrégulier par un matériau intermédiaire destiné à être interposé entre le substrat donneur et le substrat receveur.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lors de l'étape de planarisation on effectue un dépôt du matériau intermédiaire sur la surface irrégulière de la couche de matériau irrégulier.
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lors de l'étape de planarisation on traite la surface du dépôt de matériau intermédiaire.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la zone de fragilisation est créée par implantation d'espèces dans le substrat donneur.
5
5. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de détachement met en œuvre un traitement thermique.
6. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de détachement est constituée d'un traitement thermique.
10
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de planarisation est réalisée entre l'étape de constitution d'une couche de matériau irrégulier et l'étape de création d'une zone de fragilisation dans le substrat donneur.
15
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape de création d'une zone de fragilisation dans le substrat donneur est réalisée entre l'étape de constitution d'une couche de matériau irrégulier et l'étape de planarisation.
20
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de création d'une zone de fragilisation est réalisée avant l'étape de constitution d'une couche de matériau irrégulier sur le substrat donneur.
25
10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la zone de fragilisation est créée par implantation dans le substrat donneur.
30

11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de détachement est réalisée par simple exposition de tranche à un budget thermique suffisant à cet effet.
- 5 12. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la zone de fragilisation est créée par fabrication d'un substrat donneur démontable.
- 10 13. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la zone de fragilisation est créée par une des méthodes suivantes :
- constitution d'une région poreuse dans le substrat donneur,
 - constitution d'une interface de collage réversible,
 - implantation avec une dose nécessitant un apport d'énergie mécanique pour réaliser un détachement.
- 15 14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit matériau intermédiaire est un matériau amorphe.
- 20 15. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit matériau intermédiaire est du silicium amorphe.
- 25 16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de constitution d'une couche de matériau irrégulier sur le substrat donneur est réalisée par dépôt.
17. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit dépôt est un dépôt de type CVD.
- 30 18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la tranche multicouche comprend une couche utile réalisée dans un des matériaux suivants : Si, SiGe, Ge, SiC, GaN, GaAs, III-V.

19. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite tranche est de type SOI.
- 5 20. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on intercale une couche de matériau isolant électriquement entre ladite couche utile et ladite couche de matériau irrégulier.
- 10 21. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit matériau électriquement isolant est du SiO_2 ou du Si_3N_4 , et l'épaisseur de la couche électriquement isolante est de l'ordre de 50 Å.
- 15 22. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche de matériau irrégulier est réalisée en un des matériaux suivants : diamant, Si_3N_4 , AlN , silicium polycristallin.

1/6

Fig. 1

1/5

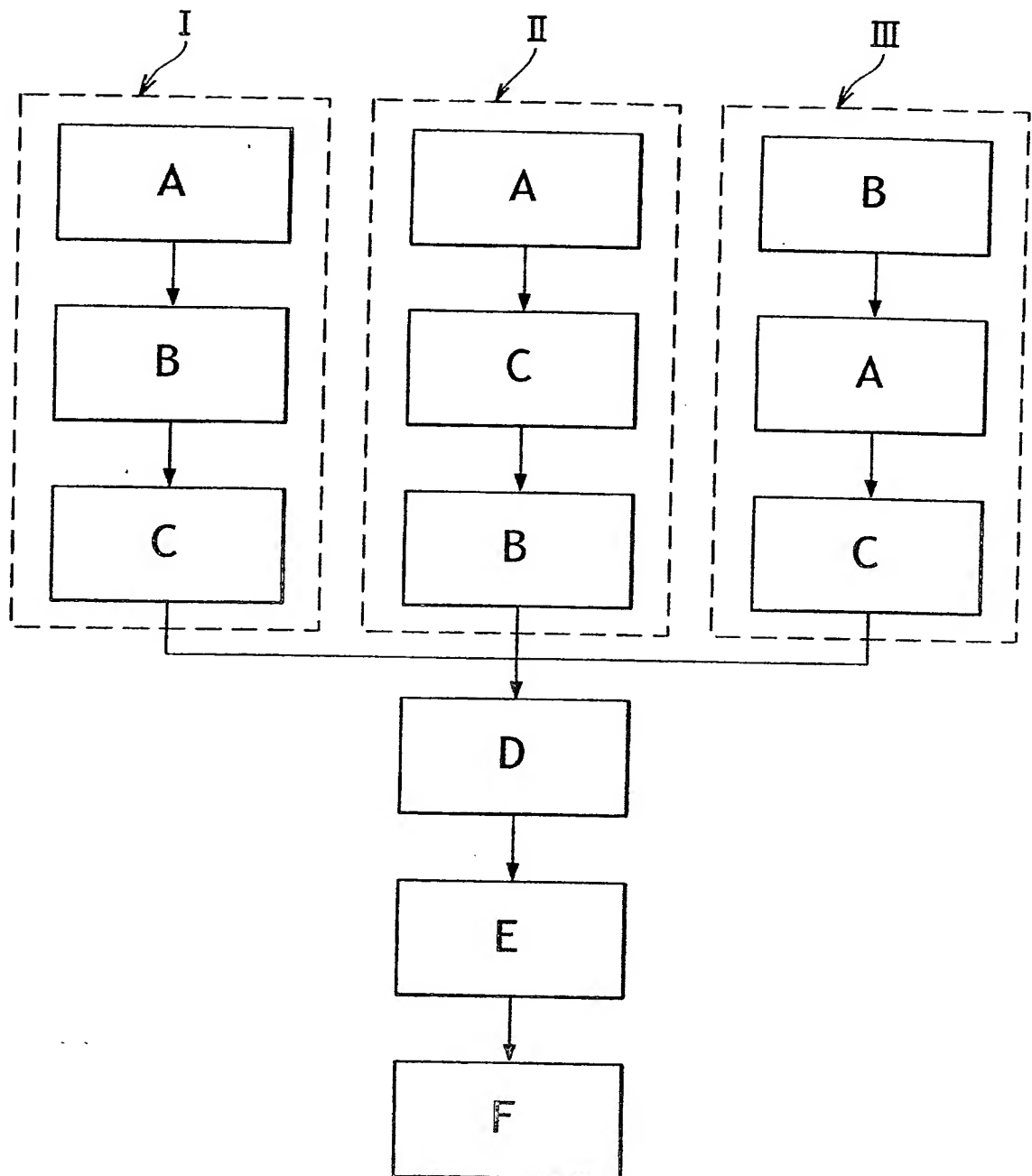


FIG.1

2/6

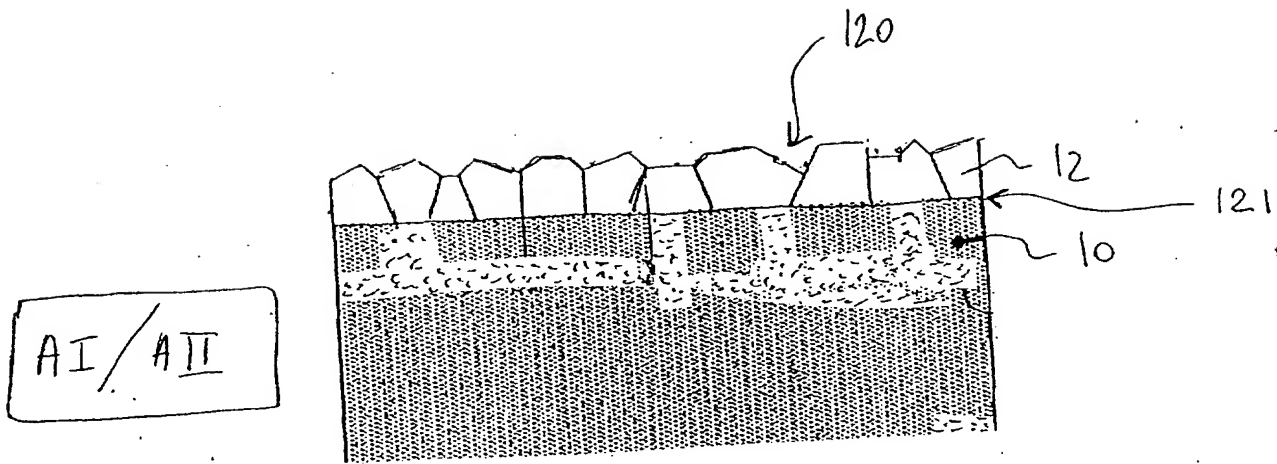


fig. 2

2/5

AI / AII

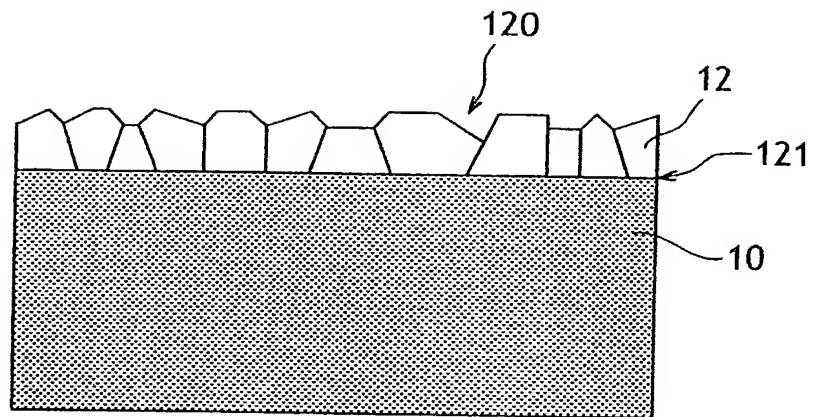


FIG.2

BI

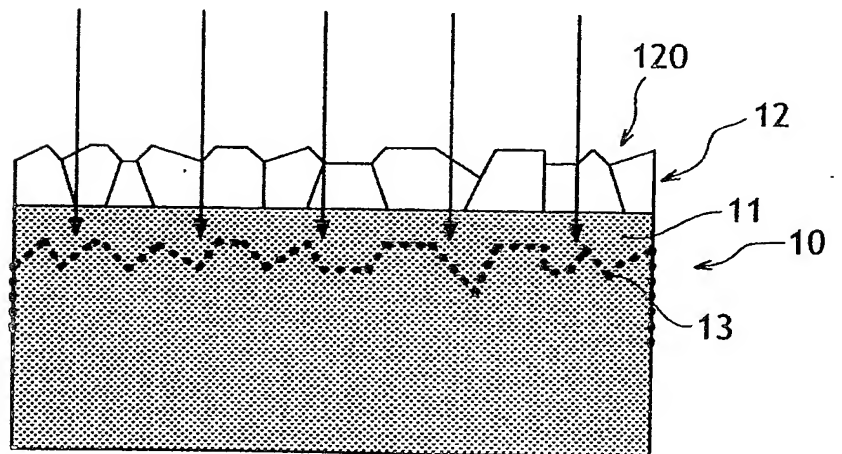


FIG.3

3 / 6

BI

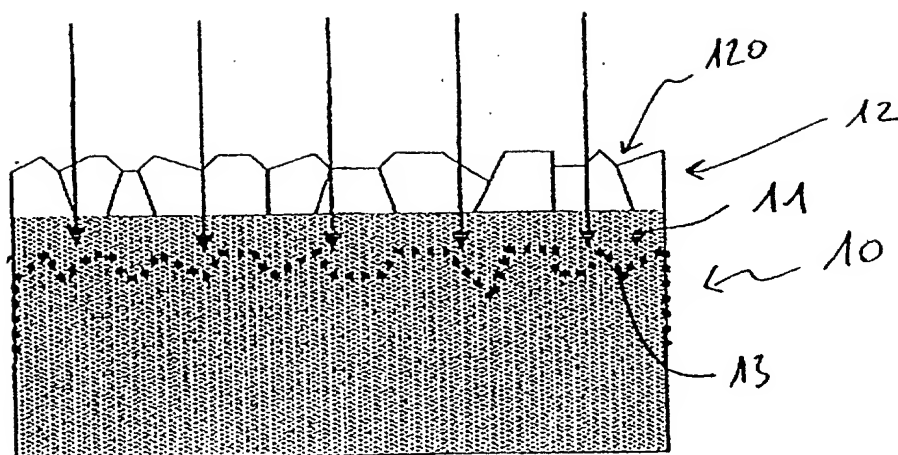


fig. 3

100

CI

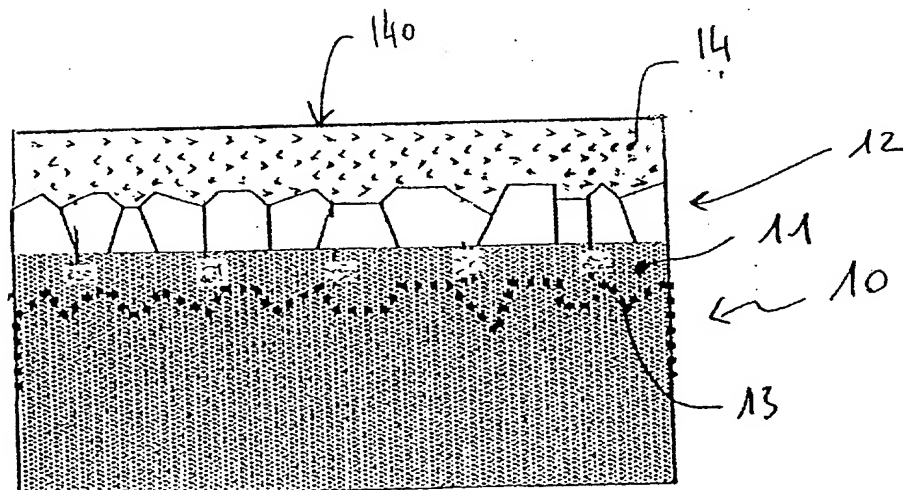


fig. 4

3 / 5

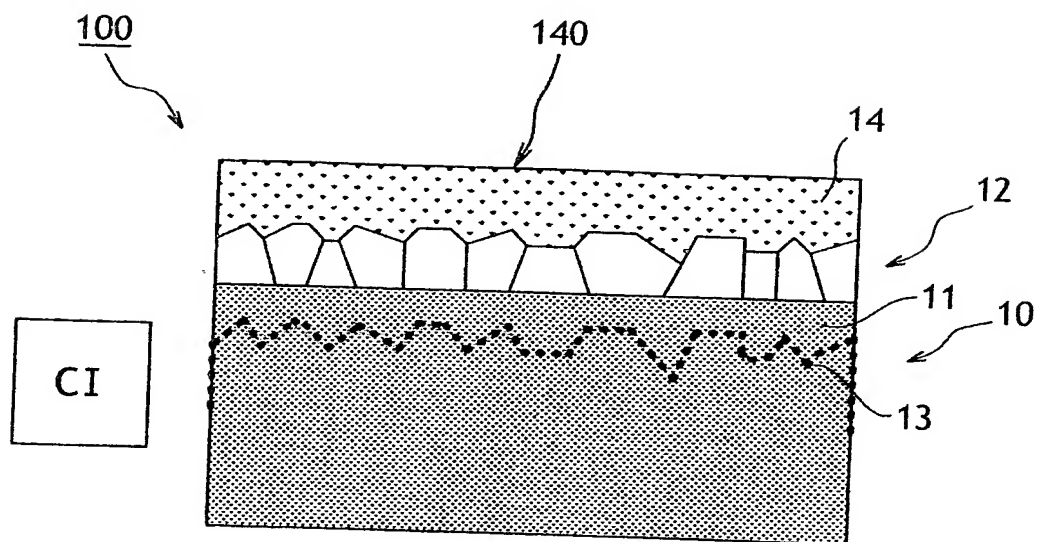


FIG.4

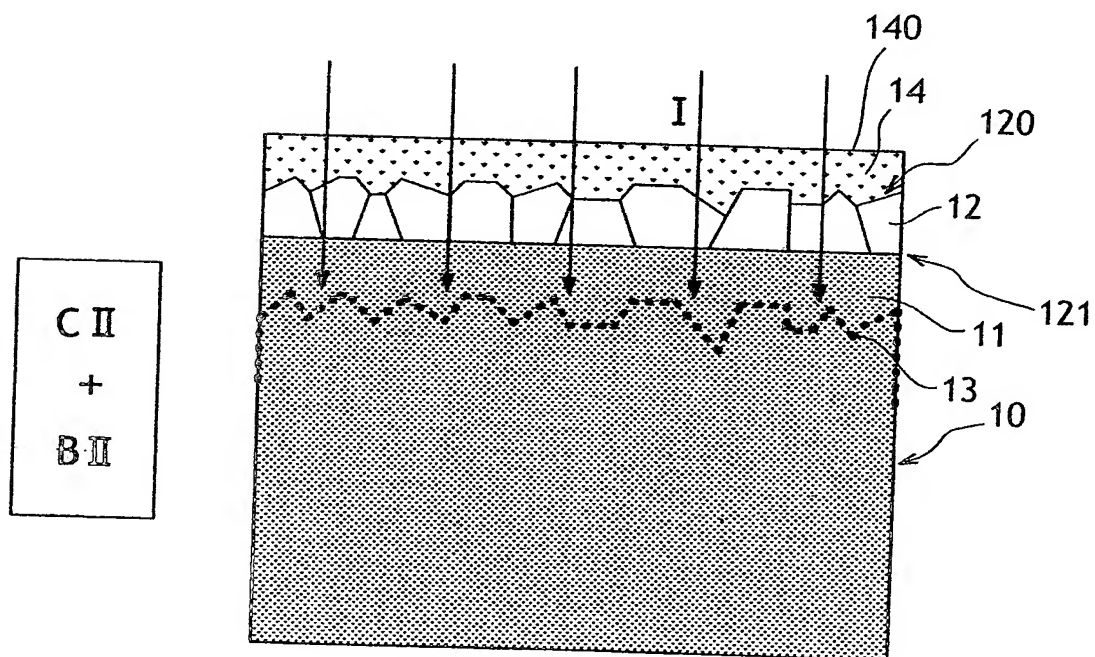


FIG.5

C II
+
B II

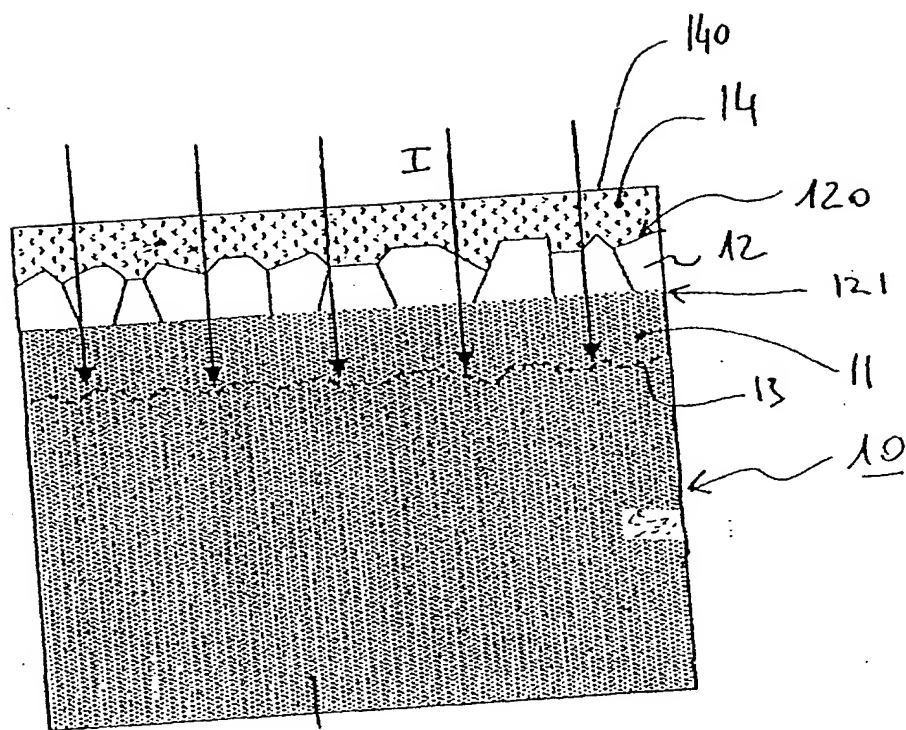


Fig. 5

4/5

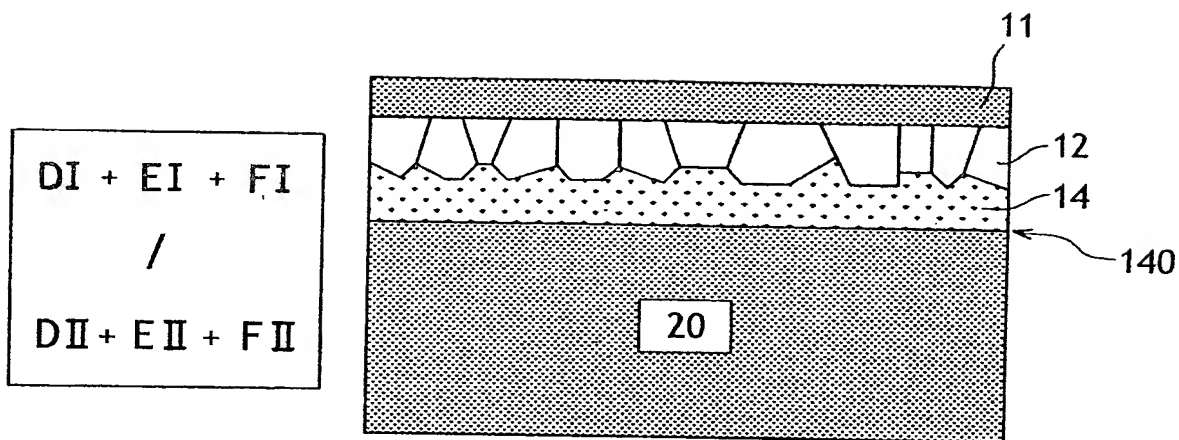


FIG.6

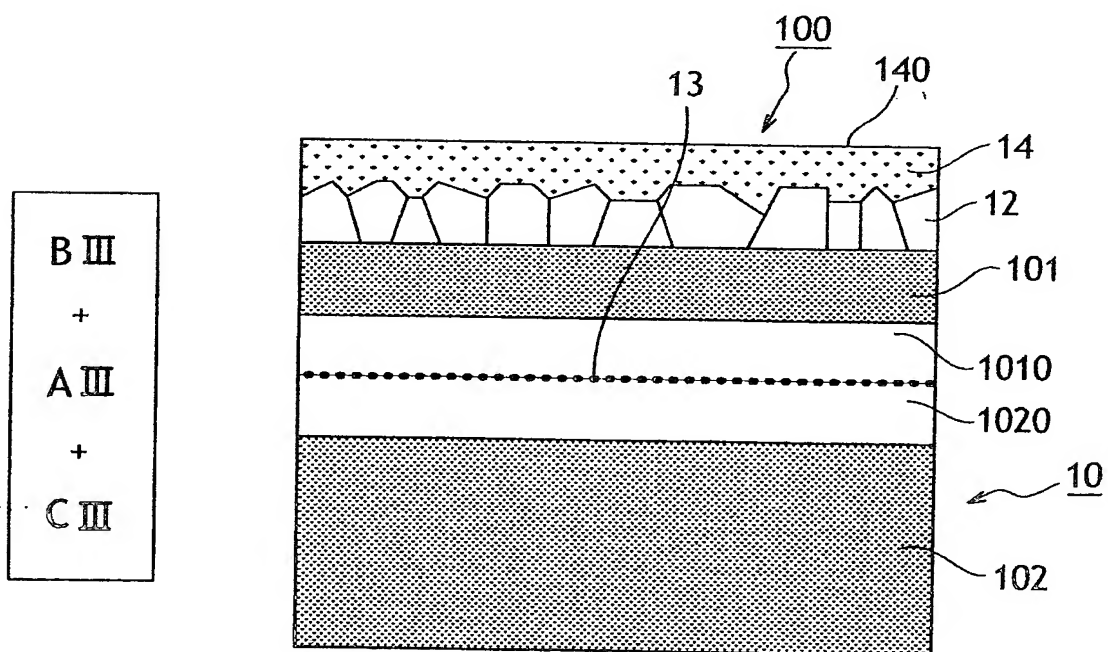


FIG.7

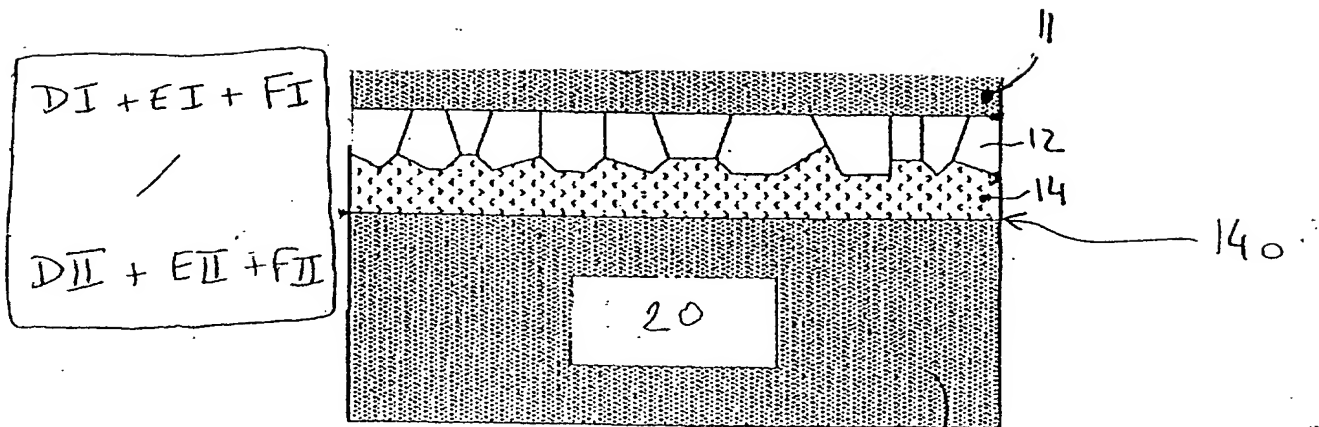


fig. 6

5 / 5

D III
+
E III

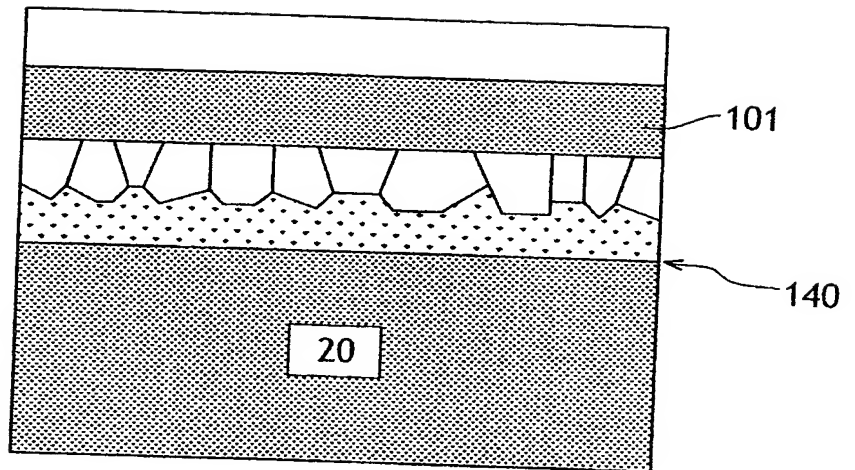


FIG. 8

F III

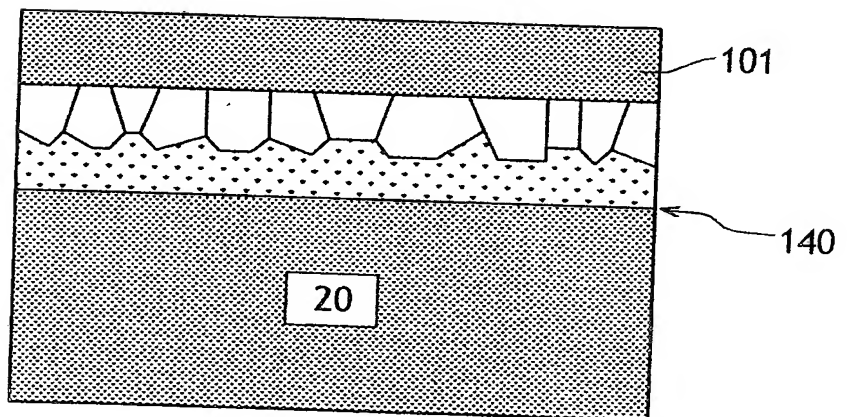


FIG. 9

B III
+
A III
+
C III

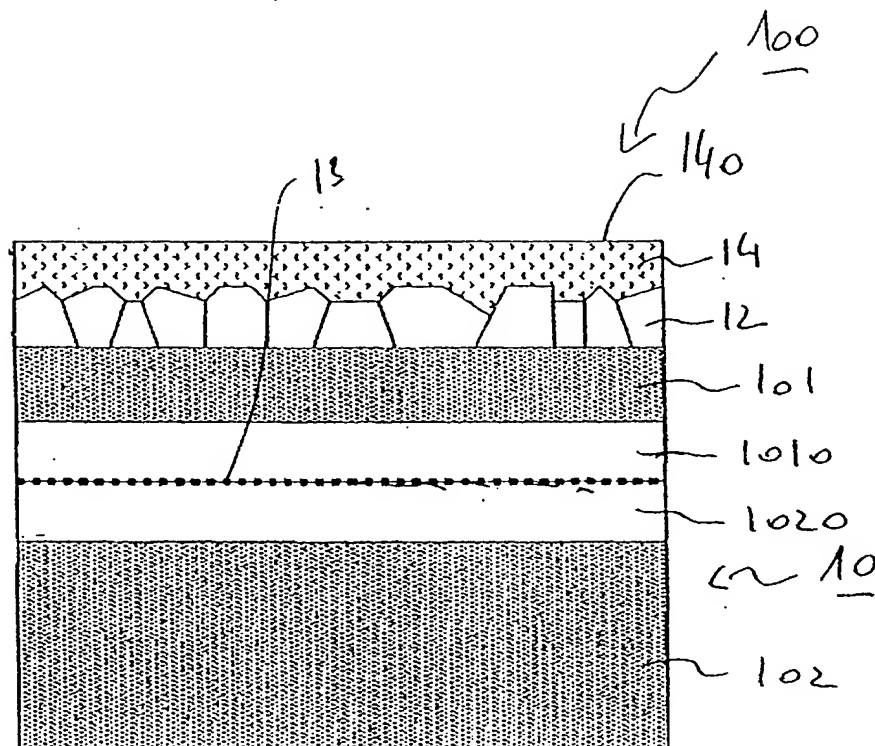


FIG. 7

D III
+
E III

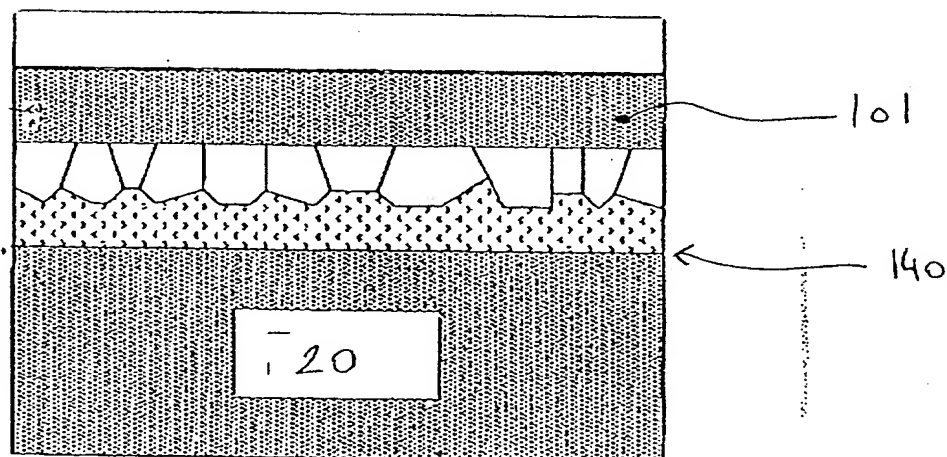


FIG. 8

F III

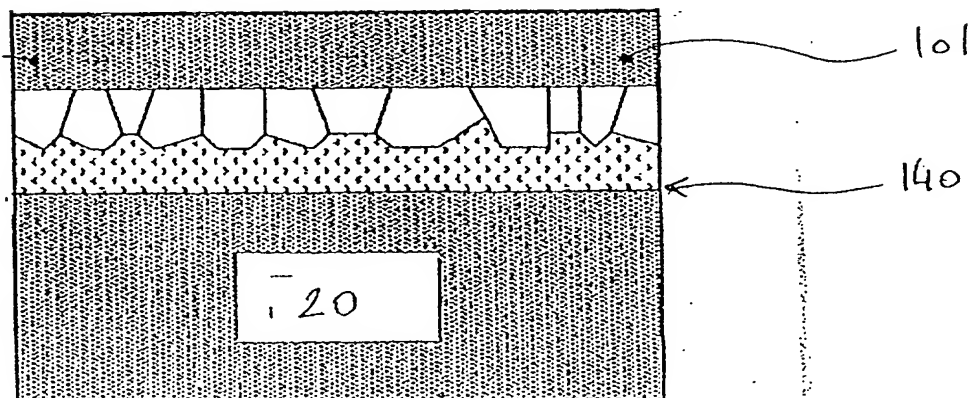


FIG. 9

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54


DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/1 ...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

| | | |
|---|----------------------|--------------------------------------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 240017 D20577 JC 030 8460 |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | |
| TRANSFERT DE COUCHE RUGUEUSE | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | |
| S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques 38190 BERNIN FRANCE | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : | | |
| 1 Nom | | |
| Prénoms | | GHYSELEN Bruno |
| Adresse | Rue | 58, rue Georges Maeder |
| | Code postal et ville | 38170 SEYSSINET-PARISSET FRANCE |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 2 Nom | | |
| Prénoms | | AKATSU Takeshi |
| Adresse | Rue | 9, Place de l'Eglise |
| | Code postal et ville | 38330 SAINT NAZAIRE LES EYMES FRANCE |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 3 Nom | | |
| Prénoms | | |
| Adresse | Rue | |
| | Code postal et ville | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages. | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | |
|  321169 | | |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)